

CAPÍTULO 3

Degradação de Pastagens e Indicadores de Sustentabilidade

***Lourival Vilela, Manuel Cláudio Motta Macedo,
Geraldo Bueno Martha Júnior e João Kluthcouski***

Introdução

Há muito tempo a agricultura na região dos Cerrados vem desempenhando papel importante na implantação de pastagens cultivadas. O cultivo de arroz, por um ou até três anos sucessivos, precedeu grande parte das pastagens estabelecidas nas décadas de 70 e 80, período de maior expansão do cultivo de pastagens na região. Nessa época, o conceito de rotação lavoura/pecuária ainda não estava bem definido, porém essa prática tinha o objetivo de proporcionar melhores condições de preparo do solo, correção da sua fertilidade e redução dos custos de implantação da planta forrageira (Vilela et al., 2002).

Entretanto, a evolução dos sistemas de produção envolvendo lavouras e pastagens na região dos Cerrados teve enfoques diferentes. No primeiro caso, pautou-se pela intensificação dos sistemas de cultivo, geralmente em solos de maior aptidão agrícola. Como resultado dessa estratégia de uso do solo, a agricultura de grãos nos Cerrados é, atualmente, uma das mais produtivas e competitivas do mundo (McVey et al., 2000). Contudo, o monocultivo na agricultura, em associação com práticas culturais inadequadas, tem proporcionado a queda na produtividade, a maior ocorrência de pragas e doenças e a degradação do solo e dos recursos ambientais, problemas que podem ser revertidos pelo uso integrado de lavouras e pastagens (Macedo, 2001).

Em relação às pastagens, os sistemas mais utilizados continuam sendo aqueles extensivos, baseados no uso de plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região. Nesses sistemas de produção raramente se utilizam corretivos e fertilizantes, e o problema da baixa fertilidade do solo se agrava porque os solos ocupados por pastagens geralmente apresentam limitações quanto à fertilidade química natural, acidez, topografia, pedregosidade ou limitações de drenagem (Adámoli et al., 1986; Martha Júnior & Vilela, 2002). Esse modelo extrativista de utilização de pastagens em solos com aptidão agrícola desfavorável justifica, pelo menos em parte, os baixos índices zootécnicos e as baixas produtividades observados na região dos Cerrados (Zimmer & Euclides Filho, 1997; Macedo, 2001).

Adicionalmente, verifica-se, com relativa frequência, que o manejo displicente do sistema solo-planta-animal, em associação com o gerenciamento inadequado do empreendimento, tem levado à degradação das pastagens que, atualmente, é o maior obstáculo para o estabelecimento de uma pecuária bovina sustentável em termos agronômicos, econômicos e ambientais nos Cerrados (Martha Júnior & Vilela, 2002). Neste contexto,

tem sido demonstrado que a rotação de lavouras e pastagens constitui estratégia viável, técnica e economicamente, para a recuperação e renovação de pastagens degradadas nos Cerrados (Cezar et al., 2000; Macedo, 2001; Vilela et al., 2002).

Além disso, vem crescendo o interesse por sistemas de produção centrados na associação entre culturas de grãos e produção de bovinos, segundo uma visão mais abrangente, que engloba o conceito de integração lavoura e pecuária. Por esse conceito, culturas de grãos e pastagens para alimentação animal compartilham os recursos disponíveis ao sistema de produção agropecuário, por meio de uma inter-relação espacial ou temporal (Vilela & Barcellos, 1999).

Desta maneira, fica claro que a atenção dada aos sistemas integrados de lavoura e pecuária, em especial nos últimos anos, é justificada pela constatação dos benefícios dessa integração no tocante ao manejo do solo (químico, físico e biológico), de pragas e doenças, bem como em relação aos benefícios econômicos que incluem o aumento na produtividade das culturas e da pastagem, o uso mais racional de insumos, máquinas e mão-de-obra, a melhora no fluxo de caixa, o aumento da liquidez e redução de risco (Lal, 1991; Vilela & Barcellos, 1999; Vilela et al., 1999, 2002; Macedo, 2001; Barioni, 2002).

Nessa temática, na primeira parte do presente capítulo enfocou-se o problema da degradação de pastagens, uma vez que a integração lavoura-pastagens tem sido utilizada, predominantemente, nessa situação. A seguir, o uso de índices indicadores foi considerado, porque as ações implementadas, conforme proposta previamente definida, precisam ser monitoradas no sentido de medir o desempenho do sistema de produção no atendimento das metas e objetivos delineados na fase de planejamento (Martha Júnior et al., 2002). Essa etapa é de fundamental importância para entender e auferir os benefícios da integração lavoura-pastagens.

O processo de degradação de pastagens

A degradação de pastagens pode ser vista como o processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade e de capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar, economicamente, os níveis de produção e de qualidade exigida pelos animais, assim como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas daninhas, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais, em razão de manejos inadequados (Macedo, 2001).

O processo de degradação das pastagens pode ser comparado a uma escada, onde, no topo, estariam as condições que garantiriam maiores produtividades de forragem (Figura 1). No entanto, à medida em que se desce os degraus, avança-se no processo de degradação. Até um determinado ponto, ou um certo degrau, haveria condições de se conter a queda na produção de forragem e manter a produtividade do pasto por meio de ações de manejo mais simples, diretas e com menores custos operacionais. A partir desse ponto, estabelece-se o processo de degradação propriamente dito, em que apenas ações de recuperação ou renovação, muitas vezes mais drásticas e dispendiosas, apresentariam respostas adequadas. O final do processo culminaria com a ruptura dos recursos naturais, representada pela degradação do solo com alterações em sua estrutura, evidenciadas pela compactação e a conseqüente diminuição das taxas de infiltração e capacidade de retenção de água, causando erosão e assoreamento de nascentes, lagos e rios (Macedo, 2000).

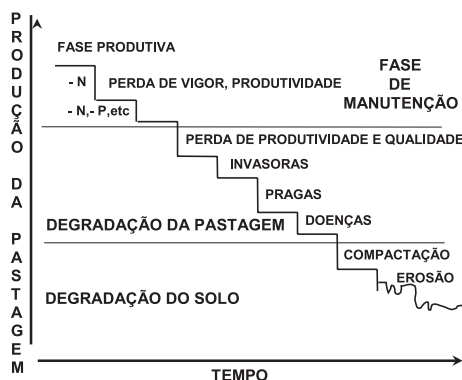


Fig. 1. Representação esquemática do processo de degradação de pastagens em suas diferentes etapas no tempo.

Fonte: Macedo (2001).

Diversos fatores explicam o processo de degradação da pastagem, citando-se (Macedo, 2001): germoplasma inadequado ao local; má formação inicial da pastagem causada pela ausência ou mau uso de práticas de conservação do solo, preparo do solo, correção da acidez e/ou adubação, sistemas e métodos de semeadura/plantio, manejo animal na fase de formação; manejo e práticas culturais, como o uso rotineiro de fogo, métodos, épocas e excesso de roçagens, ausência ou uso inadequado de adubação de manutenção; ocorrência de pragas,

doenças e plantas daninhas; manejo animal impróprio, com excesso de lotação, sistemas inadequados de pastejo; ausência ou aplicação incorreta de práticas de conservação do solo após relativo tempo de uso de pastejo.

De maneira geral, podem-se dividir os métodos de recuperação e renovação de pastagens pelas formas direta e indireta (Figura 2).

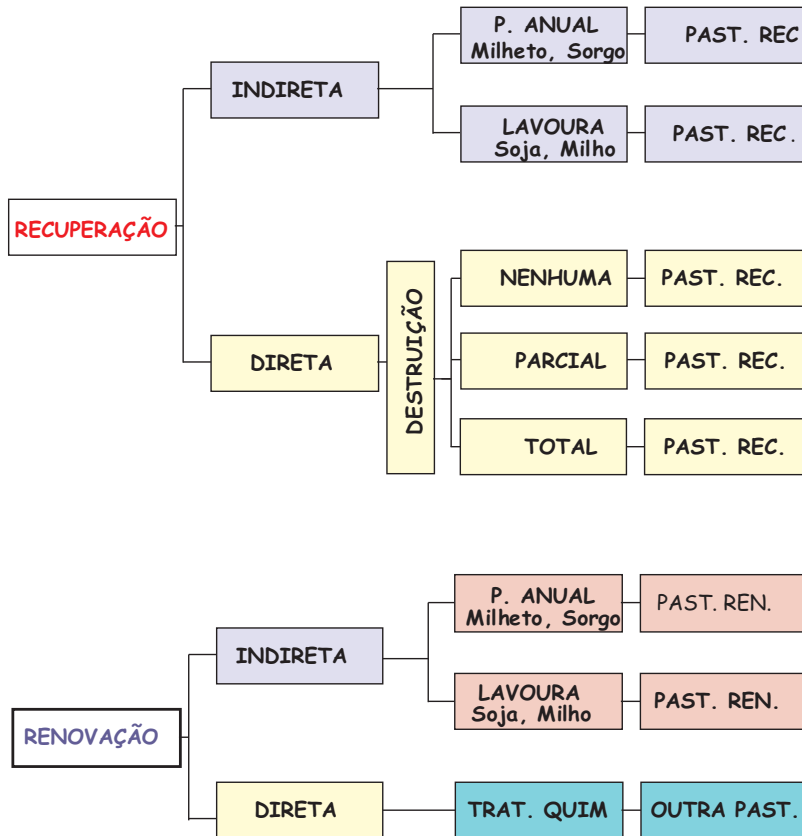


Fig. 2. Esquema simplificado de alternativas de recuperação e renovação de pastagens.

Fonte: Macedo (2001).

Entende-se por recuperação direta de pastagens as práticas mecânicas e químicas aplicadas a uma pastagem com o intuito de revigorá-la sem, no entanto, substituir a espécie forrageira existente (Macedo, 2001). Entre as operações mecânicas, incluem-se a aplicação superficial

a lanço de insumos, escarificação, subsolagem, gradagem, aração. Nas opções químicas estão a calagem, a gessagem e a adubação. A escolha da operação depende, principalmente, do estágio de degradação da pastagem. Quanto mais avançado o grau de degradação mais drástica deverá ser a ação mecânica. Assim, pastagens com erosão laminar, grande incidência de plantas daninhas de porte alto, cupins de montículo e baixa cobertura vegetal poderão exigir operações de revolvimento de solo com grade, arado, terraceador e/ou uso de subsolador (Spera et al., 1993; Macedo, 2001).

No entanto, pastagens no estágio inicial de degradação, onde apenas se observa perda de vigor e produtividade, podem ser recuperadas por meio de simples aplicação superficial de fertilizantes, corretivos e/ou escarificação/subsolagem. No caso dos solos sob vegetação dos Cerrados, ácidos e de baixa fertilidade química, não restam dúvidas de que a necessidade de adubação é tecnicamente indiscutível, conforme demonstram diversos resultados de pesquisas efetuadas na Embrapa Gado de Corte, na Embrapa Cerrados e em outras instituições (Macedo & Euclides, 1997; Soares et al., 2001).

A renovação direta de pastagens diz respeito às ações relativas às práticas agronômicas aplicadas sobre pastagens degradadas no sentido de substituir a espécie presente e reverter o processo de degradação pela implantação de uma nova espécie forrageira. A renovação direta de pastagens é caracterizada, principalmente, pela tentativa de substituição de forrageiras sem a utilização de uma cultura intermediária (Macedo, 2001).

Esta alternativa apresenta, de forma geral, problemas de ordem prática e econômica, pois as espécies forrageiras tropicais, mesmo quando a pastagem está em degradação, possuem um elevado banco de sementes no solo e altas taxas de crescimento relativo. Portanto, nem sempre as ações mecânicas de preparo do solo ou de dessecação das plantas por herbicidas são eficientes para permitir a implantação de uma nova espécie, evitando a competição com plantas remanescentes da espécie anterior. Esta competição pode ser elevada na fase inicial do estabelecimento da nova espécie ou no decorrer da utilização da pastagem, principalmente se houver alta seletividade sob pastejo animal.

Podem citar-se como exemplo de espécies agressivas e possuidoras de grandes bancos de sementes no solo as do gênero *Brachiaria*. Uma renovação direta de pastagem muito utilizada recentemente tem sido a substituição de espécies de *Brachiaria* spp. por espécies do gênero *Cynodon* (Coastcross, Tiftons, etc). Como estas últimas são implantadas

por propagação vegetativa, a utilização de herbicidas do grupo das trifluralinas tem sido bastante eficiente para retardar o crescimento de novas plantas de braquiária através de sementes e permitir o fechamento do estande de *Cynodon* com maior rapidez.

A recuperação indireta de pastagens degradadas pode ser compreendida como aquela efetuada por meio de práticas mecânicas, químicas e culturais, utilizando-se de uma pastagem anual (milheto, aveia) ou de uma lavoura anual de grãos (milho, soja, arroz) por um certo período de tempo a fim de revigorar a espécie forrageira existente (Macedo, 2001).

As técnicas agronômicas podem variar desde a dessecação da pastagem com um herbicida e semeadura direta de um pasto anual, ou de uma lavoura anual com cultivo mínimo, até o preparo do solo e sua semeadura convencional. Após a utilização do pasto anual, ou a colheita de grãos da lavoura, deixa-se a pastagem retornar através do banco de sementes existente ou procede-se a uma semeadura complementar para uniformizar a população de plantas.

O objetivo principal desta técnica é o de aproveitar a adubação residual empregada no pasto anual ou lavoura para recuperar a espécie de pastagem existente com menores custos. A produção de carne ou de leite obtida com o pasto anual, de forma intensiva, ou da venda dos grãos da lavoura amortizam, em parte, os custos de recuperação/renovação da pastagem (Yokoyama et al., 1999; Cezar et al., 2000).

A renovação indireta de pastagens, por sua vez, pode ser entendida como aquela efetuada por meio de práticas mecânicas, químicas e culturais, também utilizando-se de uma pastagem anual (milheto, aveia) ou de uma lavoura anual de grãos (milho, soja, arroz) por um certo período de tempo, a fim de substituir a espécie forrageira existente por outra de melhor valor nutritivo ou com características diferentes das da espécie em degradação (Macedo, 2001).

Indicadores de sustentabilidade e eficiência do sistema de produção

A importância da degradação das pastagens para a região dos Cerrados é particularmente evidente quando se considera a abrangência desse processo, haja vista que algumas estimativas indicaram que 50% e 80% das áreas ocupadas com pastagens cultivadas, nessa região, apresentam algum grau de degradação (Vieira & Kichel, 1995; Barcellos,

1996). Esse cenário de degradação das pastagens é preocupante e serve de estímulo ao desenvolvimento de indicadores da sustentabilidade e eficiência do sistema de produção. A verificação e determinação desses índices de sustentabilidade é fundamental para a tomada de decisões de manejo no sistema a fim de prevenir e/ou reverter a queda na produtividade do pasto. Neste ponto reside o grande desafio que a pesquisa terá que esclarecer para a compreensão e solução do problema da degradação das pastagens.

Entretanto, os produtores muitas vezes se deixam levar pela aparência momentânea do estado da pastagem e não usam ferramentas importantes de predição de queda da produção, tais como variáveis componentes da fertilidade do solo, de propriedades físicas do solo, do estado nutricional das plantas e do desempenho do animal em pastejo.

A fertilidade química do solo pode ser monitorada por meio de análises periódicas da terra. Economicamente, o custo de uma análise de solo de rotina, que envolve a determinação do pH e dos teores de matéria orgânica, hidrogênio, alumínio e macronutrientes, é baixo (ao redor de US\$ 12,00 por amostra) diante dos ganhos potenciais de um diagnóstico adequado da fertilidade química do solo, com vistas à recomendação de calagem e adubação.

As quantidades de calcário e fósforo (P) a serem aplicadas na pastagem consideram o grau de exigência (ou tolerância) da espécie forrageira em relação às condições de fertilidade do solo (Vilela et al., 2000). Plantas menos exigentes (i.e. mais tolerantes à baixa fertilidade do solo) necessitam de um menor aporte de nutrientes (calagem e adubação) para assegurar uma dada produção de forragem em comparação com plantas mais exigentes (i.e. menos tolerantes à baixa fertilidade do solo).

O fósforo é um dos elementos mais importantes para a nutrição e, conseqüentemente, para a produtividade da planta forrageira. Além disso, o P é essencial para a nutrição e reprodução dos animais em pastejo. Entretanto, a maior parte dos solos dos Cerrados apresenta baixo teor de P total e teor muito baixo de P disponível. No caso de solos argilosos, ainda ocorre uma elevada fixação do P aplicado. Portanto, torna-se evidente a importância de adubações com fósforo em pastagens. Por um lado, porque as plantas forrageiras têm elevada exigência em P. Por outro lado, porque a capacidade do solo em fornecer esse nutriente para a planta é baixa.

Diversos estudos realizados na região dos Cerrados têm demonstrado o efeito positivo da adubação com P sobre a produção de

forragem, tanto na fase de implantação como na fase de manutenção da pastagem (Figura 3). Na implantação (ou recuperação/renovação) da pastagem, a adubação fosfatada assume papel de destaque, porque a aquisição desse nutriente pela planta é dificultada, uma vez que o sistema radicular da planta jovem é pequeno e, conseqüentemente, explora um pequeno volume de solo. Na fase de manutenção de pastagens bem formadas, o sistema radicular das plantas mostra-se bem desenvolvido, explorando um maior volume de solo. Além disso, podem ocorrer no solo associações simbióticas com fungos micorrízicos, que aumentam a capacidade de absorção de P e de outros nutrientes pouco móveis no solo, a exemplo do zinco e do cobre.

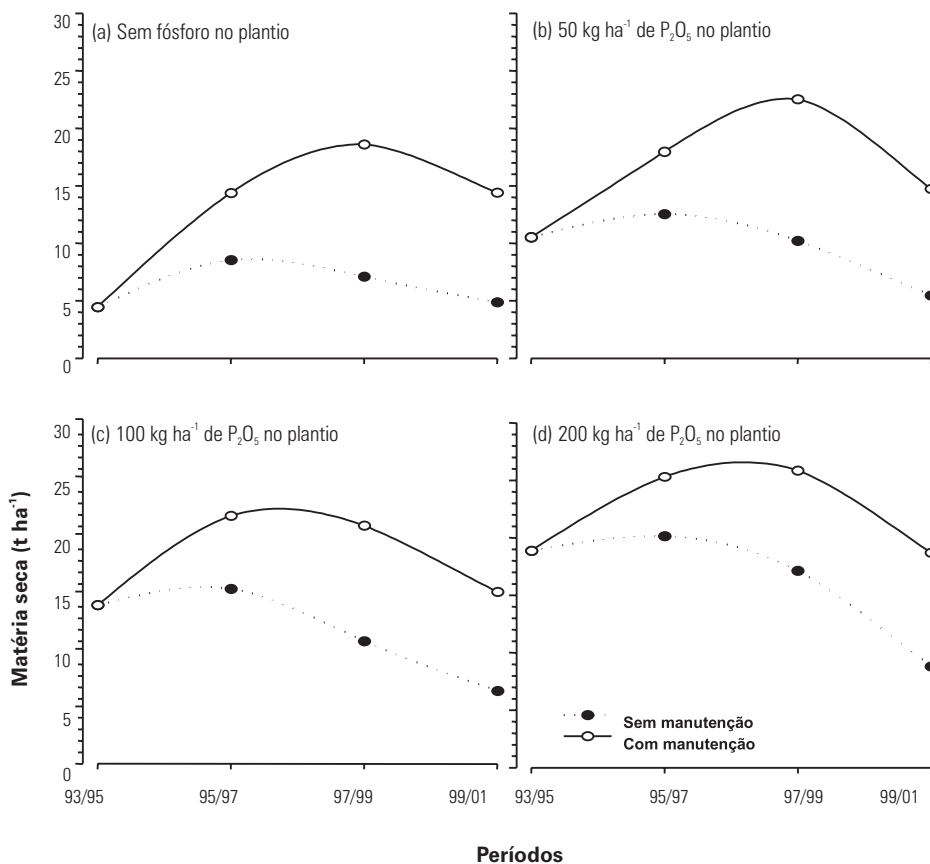


Fig. 3. Produção acumulada (kg MS ha⁻¹) de *Brachiaria decumbens*, a cada dois anos, em resposta a quatro doses de fósforo (a, b, c, d) aplicadas na sementeira (dez/1993), sem e com adubação de manutenção bienal de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicada em novembro de 1995, 1997 e 1999.

Fonte: Soares et al. (2001).

Como resultado, as adubações com P na fase de manutenção podem ser menores do que na fase de estabelecimento da pastagem, conforme evidenciado pelo menor nível crítico de P no solo para a fase de manutenção, que corresponde de 80 a 90% daqueles observados na fase de estabelecimento da pastagem (Figura 4). Ressalta-se, porém, que a disponibilidade de P no solo considerada adequada varia em função do teor de argila e do grau de exigência da planta forrageira, no caso do extrator Mehlich-1, e com o grau de exigência da planta forrageira, no caso do extrator ser a resina trocadora de íons (Vilela et al., 2000).

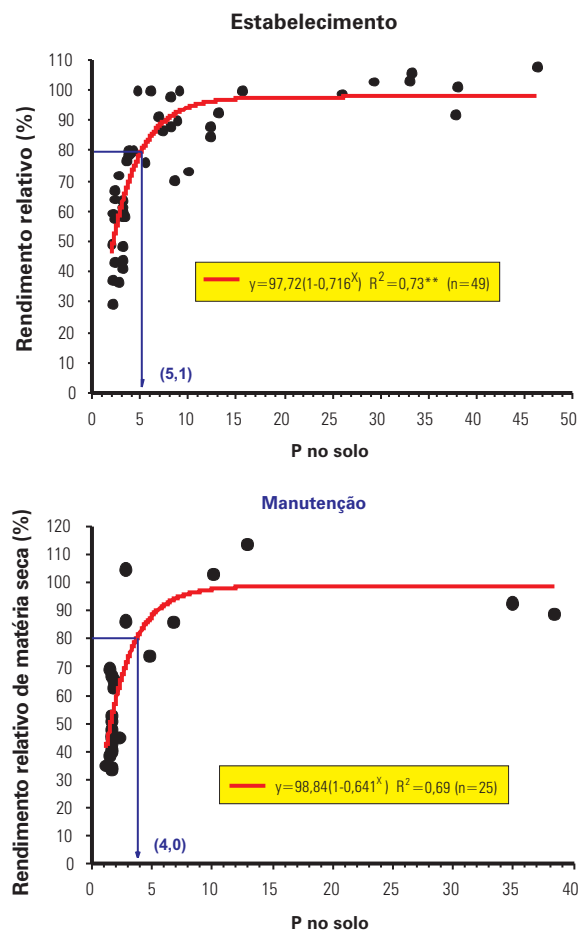


Fig. 4. Relação entre valores de fósforo extraído com Mehlich-1 e a resposta de *Brachiaria decumbens* à adubação fosfatada em Latossolo Roxo, textura muito argilosa, nas fases de estabelecimento e implantação.

Fonte: Soares et al. (1999).

Uma vez corrigidos o nível de P e a saturação por bases acima das faixas mínimas exigidas, e desde que não ocorram limitações de potássio, enxofre e micronutrientes, o nitrogênio (N) passa a ser o elemento determinante da sustentabilidade da produção de forragem. Em ecossistemas naturais, como pastagens nativas, assume-se que as perdas de N são baixas e contrabalançadas por pequenos acréscimos/ciclagem de N ao sistema (N proveniente da atmosfera, reciclagem de resíduos vegetais e de origem animal e mineralização da matéria orgânica do solo), de modo que esses ecossistemas são, de certa forma, de natureza conservativa. A sustentabilidade desses ecossistemas ao longo dos séculos, sem a interferência do homem, dá suporte a essa idéia.

Contudo, em ecossistemas modificados (agroecossistemas), o ciclo do N passa a ser aberto, de natureza não conservativa, e necessita da intervenção do homem no sentido de garantir sua sustentabilidade. Em sistemas que operam com baixo nível de manejo/insumos, o N desempenha papel fundamental na sustentabilidade da comunidade vegetal, enquanto em sistemas de produção "verticalizados" e de melhor manejo, o N, além de atuar sobre a sustentabilidade da comunidade de plantas, torna-se o principal modulador da produtividade agrícola. Assim, quando o suprimento de N no solo é inadequado para atender às exigências da planta, a produção de forragem é substancialmente reduzida e, se esse déficit na disponibilidade de N persistir por um longo período de tempo, a pastagem eventualmente entrará em processo de degradação (Robbins et al., 1989; Boddey et al., 1996).

A adição de N a partir da atmosfera (geralmente em quantidades inferiores a $10 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de N), por meio da deposição seca e úmida, juntamente com o N disponibilizado a partir da mineralização da matéria orgânica e da decomposição de resíduos de origem animal e vegetal, auxiliam, ainda que de maneira limitada, no atendimento das exigências de N da planta forrageira. Entretanto, essas formas de adição/ciclagem de N no sistema são insuficientes para sustentar a produtividade da forragem ao longo do tempo. Boddey et al. (1996) estimaram que pastagens cultivadas de gramíneas solteiras nos Cerrados teriam um déficit de N, considerando apenas a ciclagem de nutrientes, da ordem de $58 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de N.

Nesse contexto, os fertilizantes nitrogenados podem ser utilizados para aumentar a disponibilidade de N no sistema. No entanto, a aplicação de fertilizantes nitrogenados em grande escala na região dos Cerrados tem sérias limitações, principalmente no tocante à disponibilidade atual desses insumos, sua dependência dos preços do petróleo e a grande predominância de sistemas de exploração extensivos ainda em uso.

Além disso, a falta de conhecimento quantitativo sobre o manejo do N (dose, fonte e forma de parcelamento do N aplicado) geralmente faz com que o N do fertilizante seja utilizado de maneira menos eficiente do que a possível, o que estabelece perdas significativas do N para o ambiente, em adição ao fato de o fertilizante nitrogenado não ser utilizado de maneira econômica (Martha Júnior et al., 2004). Soma-se a isso, o fato de que aplicações eventuais de N, embora com respostas positivas na produção de forragem, têm efeito residual limitado.

A adubação com fertilizantes nitrogenados, no âmbito econômico e financeiro, está limitada, por enquanto, aos sistemas de recria e engorda em áreas definidas da propriedade agrícola e com doses que dependem da intensidade de uso. A intensidade seria função do sistema de pastejo, preferencialmente o rotacionado, com períodos de uso e descanso pré-definidos, com gramíneas dos gêneros *Panicum*, *Pennisetum* ou *Cynodon*, com altas taxas de lotação no verão e suplementação alimentar no período seco. Em algumas situações também é possível observar o uso estratégico do fertilizante nitrogenado por ocasião da vedação da pastagem (Martha Júnior & Balsalobre, 2001).

A utilização de pastagens consorciadas de leguminosas e gramíneas, principalmente para áreas extensas de cria de animais, parece ser uma alternativa viável. Os custos de introdução de leguminosas estão ao redor de US\$ 25 a 40 ha⁻¹ e podem ser amortizados no primeiro ano, com efeitos residuais que variam de quatro a cinco anos. Boddey et al. (1996) estimaram que pastagens de gramíneas consorciadas com leguminosas, a exemplo do *Stylosanthes* spp, teriam saldo positivo de 45 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, quando apenas a ciclagem de nutrientes foi considerada.

Diversos autores ainda enfatizam que, freqüentemente, os ganhos no desempenho animal em pastagens consorciadas são de 15 a 20% superiores, quando comparados à gramínea solteira (Vilela et al., 1999; Lascano et al., 2002); mas, além dos efeitos imediatos de ganho animal, está o aumento da vida útil da pastagem (Thomas, 1992; Boddey et al., 1996; Lascano & Euclides, 1996; Euclides et al., 1998).

O monitoramento da qualidade física do solo, envolvendo, por exemplo, a estabilidade dos agregados, porosidade, massa específica e resistência à penetração, embora seja de extrema relevância para a sustentabilidade do sistema de produção, requer técnicas mais elaboradas e, às vezes, pode ser de difícil execução na prática. Além disso, o manejo do animal em pastejo, sobretudo em relação à taxa de lotação, também

altera várias propriedades físicas do solo ao longo do tempo (Silva et al., 1997, 2002). Portanto, é importante monitorar essas relações. Um exemplo de alteração em algumas propriedades físicas, após três anos de pastejo, em pastagens de *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum*, comparadas à vegetação natural dos Cerrados, pode ser observada na Figura 5.

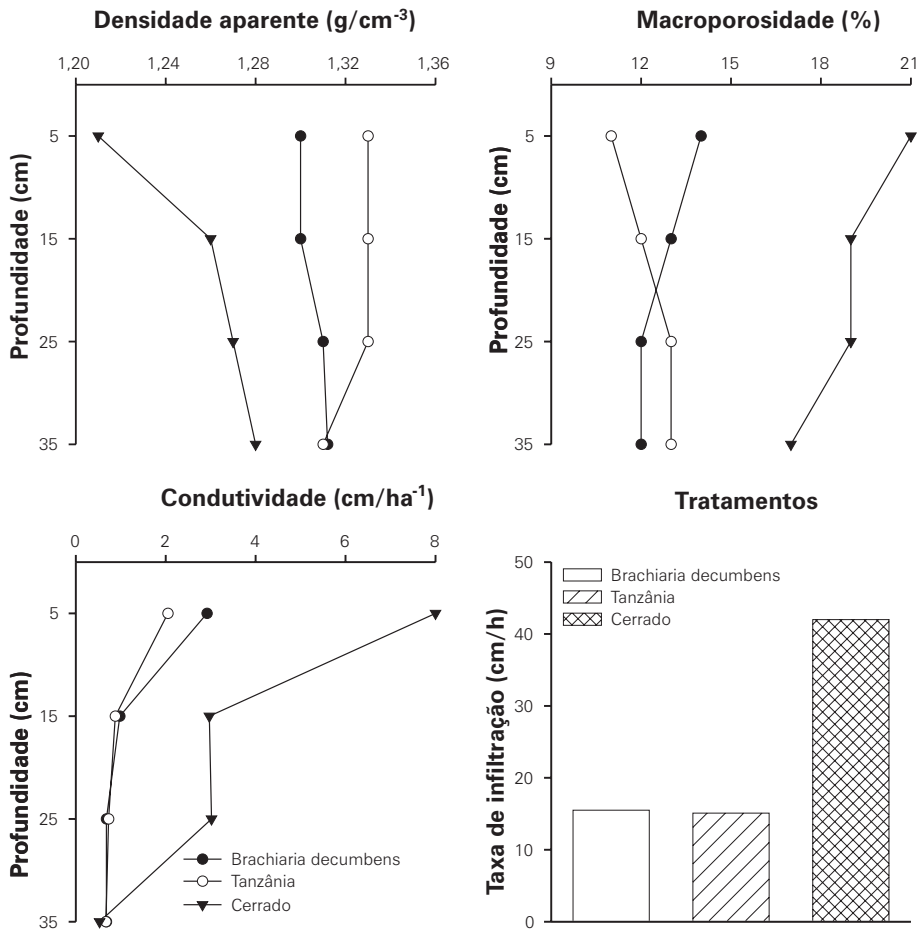


Fig. 5. Alterações na massa específica, na macroporosidade, na condutividade hidráulica de amostras indeformadas e na taxa de infiltração de água no solo, medida em campo, em pastagens de *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* cv. Tanzânia após três anos de pastejo em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, em comparação com a vegetação natural de Cerrado. Campo Grande, MS, Brasil.

Fonte: adaptado de Macedo (1997).

No exemplo da Figura 5, observa-se que as pastagens tiveram algumas de suas propriedades físicas substancialmente alteradas, em comparação à vegetação natural dos Cerrados, após três anos de pastejo. Os espaços porosos foram reduzidos e a massa específica aumentou, com efeitos na condutividade hidráulica, medida em laboratório, e na taxa de infiltração, medida no campo. Essas alterações foram mais pronunciadas nas camadas superficiais, sujeitas ao pisoteio animal.

Neste experimento, a fertilidade do solo foi decrescente, assim como a produção animal. Não foram efetuadas adubações de manutenção, mas apenas ajustes na taxa de lotação para assegurar a capacidade de suporte¹ das pastagens em uma oferta fixa de forragem. Na *Brachiaria*, a disponibilidade de matéria seca total foi mantida ao redor de 2,0 a 2,5 t ha⁻¹, enquanto nas cultivares de *Panicum maximum*, entre 1,5 a 2,0 t ha⁻¹. Outro fato importante notado foi que a *Brachiaria*, por apresentar melhor cobertura de solo, teve menos prejuízo na massa específica e na macroporosidade.

Observou-se também que o solo, dados não apresentados, sob as cultivares de *Panicum maximum*, teve a resistência à penetração mais elevada na camada superior (0 a 15 cm de profundidade) em relação à *Brachiaria* e à vegetação natural. Enquanto o solo vegetado com *Panicum maximum* apresentou resistência à penetração superior a 2,5 MPa, o solo vegetado com *Brachiaria decumbens* apresentou valores entre 1,8 e 2,0 MPa. Para Silva et al. (1997), valores de resistência do solo à penetração superiores a 2,0 MPa indicam situações de comprometimento da qualidade física do solo para o crescimento das raízes das plantas, caracterizando a sua compactação.

A qualidade do solo sob pastagens mal manejadas tem sido comprometida com o tempo. Tendência igualmente decrescente foi observada para a produção animal. Mas, neste caso específico, pondera-se que a falta de reposição de nutrientes foi o fator que mais colaborou para a queda da sustentabilidade da produção de forragem. As propriedades físicas também sofreram prejuízos, mas não atingiram níveis

¹ A capacidade de suporte (UA ha⁻¹) é definida como a máxima taxa de lotação animal para atingir um nível esperado de desempenho animal, num dado método de pastejo, que pode ser aplicada em um período de tempo determinado sem que haja risco de deterioração do ecossistema (FGTC, 1992). Em outras palavras, a capacidade de suporte reflete a taxa de lotação animal quando a oferta de forragem é ótima.

de degradação do solo similares aos observados em áreas agrícolas mal manejadas e com tráfego pesado de máquinas. O monitoramento das propriedades físicas do solo sob pastejo precisa ser melhor investigado nos sistemas de produção animal, em diferentes agroecossistemas, uma vez que os dados disponíveis não são suficientes para propor indicadores precisos de sustentabilidade.

Verifica-se ainda que uma das características indicativas mais notadas no processo de degradação das pastagens é a redução na capacidade de suporte ao longo do tempo. Quando a exploração pecuária é monitorada com certo grau de organização e critério, é freqüente observar que, num primeiro momento, há redução na sua capacidade de suporte para a mesma oferta de forragem; e, mesmo quando se efetua o descanso ou a vedação da pastagem, o crescimento no período não é suficiente para manter a taxa de lotação animal que anteriormente era verificada (Macedo, 2001). Essa constatação deve ser encarada seriamente, porque, quando a produção de forragem diminui sensivelmente, a ponto de ser notada pelo produtor em razão da redução na taxa de lotação animal, a planta forrageira já entrou em processo de perda de vigor.

Humphreys & Robinson (1966), trabalhando com pastagem de *Panicum maximum* var. Trichoglume, mostraram que a redução de 8% na produção de matéria seca esteve acompanhada da diminuição de 3,8 vezes no sistema radicular, de 4,0 vezes no nível de carboidratos de reserva e de 1,7 vezes na taxa de produção de novas folhas. Essas informações são de interesse para o delineamento de medidas de manejo adequadas, uma vez que o sucesso na recuperação/renovação de pastagens degradadas e na manutenção de pastagens produtivas depende da eficiência com que se restabelece o sistema radicular, o perfilhamento e os demais mecanismos de sobrevivência da planta forrageira em pastagens (Corsi & Nascimento Júnior, 1994).

Em níveis mais avançados de perda de vigor da pastagem e, caso nenhuma ação de manejo seja tomada, decresce, simultaneamente, a quantidade e a qualidade da forragem, e o reflexo passa a ser mais acentuado no desempenho individual dos animais. Nesta fase é possível que o relvado já não seja uniforme, possuindo áreas descobertas, sem forragem e com o solo exposto. Ocorrências de plantas daninhas e pragas também podem ser notadas, pois a pastagem cultivada introduzida começa a perder a capacidade de recuperação natural pela competição exercida pelas espécies nativas.

Em adição à capacidade de suporte, outros indicadores biológicos poderiam ser usados para o monitoramento dos sistemas de produção de bovinos de corte em pastejo (Martha Júnior et al., 2002):

- produção de peso vivo comercializado ($\text{kg de peso ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) - definida como o peso total dos animais comercializados em relação à área do sistema;
- produção de carne comercializada ($\text{kg de equivalente carcaça ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) - definida como o peso total de carcaça vendida no ano em relação à área do sistema;
- taxa de desfrute do rebanho (%) - definida como o número de animais abatidos no ano em relação ao total de animais mantidos no rebanho nesse mesmo ano. O valor resultante é multiplicado por 100;
- peso de bezerros(as) desmamados(as) vaca⁻¹ (kg vaca^{-1}) - peso total de bezerros (e bezerras) desmamados no ano "t" em relação ao total de fêmeas em reprodução no ano "t-2".

Adicionalmente, no processo de degradação da pastagem, postula-se que a quantidade de forragem (produtividade) decresce em estágio anterior ao da queda dos teores dos nutrientes da dieta. Assim, em um primeiro momento, em condições de não reposição de nutrientes, decresce a capacidade de suporte da forrageira e, conseqüentemente, a produção animal por área e, posteriormente, o ganho animal individual (Macedo, 2000).

A amostragem representativa da dieta animal (DA) requer a simulação do pastejo, e a coleta de partes da planta relacionadas com a dieta é uma prática possível e bastante apropriada. Estudos elaborados por Euclides et al. (1992) revelaram que a porção verde da planta e, principalmente, as lâminas foliares representam a maior parte da dieta animal. Esse mesmo estudo revelou que a amostragem pode ser influenciada pela pessoa que pratica a amostragem, que precisa ser treinada para evitar resultados não representativos. A amostragem para estimar a nutrição da planta (NP), no entanto, precisa ser baseada em partes preestabelecidas da planta, que tenham a mesma idade fisiológica e representem amostras da mesma época do ano. A primeira e/ou segunda folha totalmente expandida do ápice para a base da planta tem sido a porção recomendada. Dessa amostra, coleta-se para análise apenas a lâmina foliar, sem a lígula (Macedo, 1997).

Macedo (1996), ao observar correlações altamente significativas entre DA e NP, notou que DA contém porção altamente representativa de NP. Em geral, os teores de macronutrientes como N, P, K e S são de 14 a 16% menores na DA, quando comparados com os valores observados nas amostras destinadas a NP.

Ressalta-se, todavia, que a interpretação de indicadores da planta pode levar a conclusões errôneas se não forem tomados pontos de referência para a amostragem. A técnica e a época de amostragem, para as diferentes espécies, precisam ser especificadas. Para segurança, seria sempre aconselhável que a interpretação observasse uma série temporal de crescimento da forrageira e os respectivos teores de nutrientes ou outros componentes relacionados com o valor nutritivo da forrageira.

Alguns trabalhos nesse sentido foram discutidos por Macedo (1997). As Figuras 6 e 7 exemplificam algumas correlações entre possíveis indicadores da planta e produção animal. Nessas Figuras pode-se observar, principalmente, a importância da matéria seca da porção verde sobre o desempenho animal e sua correlação com o P foliar.

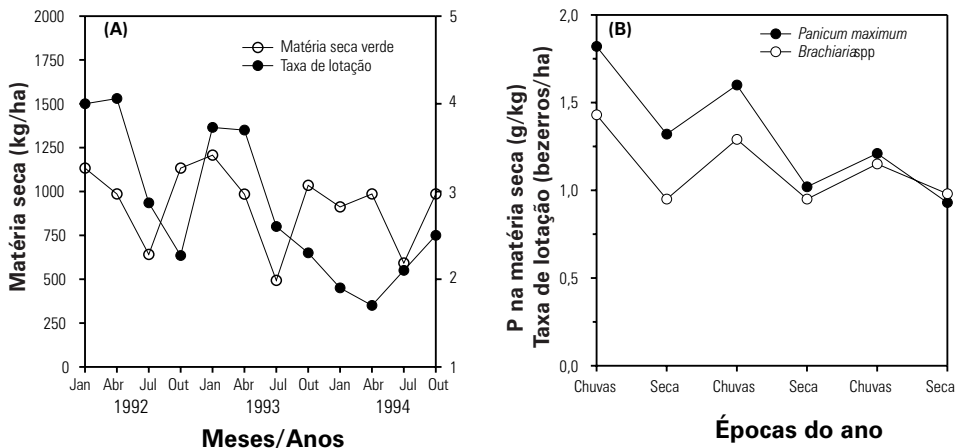


Fig. 6. (A) Alterações na lotação animal (bezerros ha^{-1}) e disponibilidade da matéria seca da porção verde (MSV). Média de cinco forrageiras tropicais, sem adubação de manutenção e capacidade de suporte ajustada para pressão de pastejo fixa. (B) Variação nos teores foliares de P em duas espécies de *Brachiaria* e duas cultivares de *Panicum maximum* em um Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, em três anos de pastejo, períodos chuvoso e seco, sem adubação de manutenção e capacidade de suporte ajustada para pressão de pastejo fixa. Campo Grande, MS, Brasil.

Fonte: adaptado de Macedo (1997).

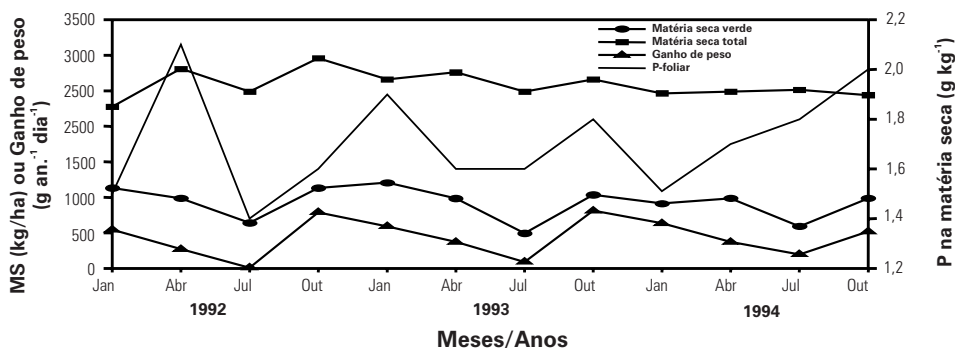


Fig. 7. Alterações nas disponibilidades da matéria seca da porção verde e total, nos teores foliares de P e no ganho de peso animal. Média de cinco forrageiras tropicais, sem adubação de manutenção e capacidade de suporte ajustada para pressão de pastejo fixa. Campo Grande, MS, Brasil.

Fonte: adaptado de Macedo (1997).

Além desses indicadores, outras medidas de ordem econômica deveriam ser registradas na fazenda (Martha Júnior et al., 2002), tais como: custos fixos e variáveis especificados por item de despesa; receitas especificadas por item de entrada; custos totais da exploração por fase de produção (cria, recria e engorda); custo de produção de carne bovina em equivalente carcaça; importância econômica relativa dos fatores de produção; e rentabilidade do capital.

Dessa maneira, pode-se concluir que o acompanhamento criterioso de atributos do solo, da pastagem e do animal em pastejo permite, em princípio, antecipar etapas mais graves do processo de degradação. Infelizmente, mesmo a constatação da queda da capacidade de suporte não tem sido suficiente para conscientizar a adoção de ações acertadas de manejo, obrigando a posterior utilização de alternativas de recuperação ou renovação mais onerosas e de difícil realização do ponto de vista financeiro (Macedo, 2001).

É necessário frisar que é desejável que esses índices de sustentabilidade sejam adotados no âmbito da fazenda. Todavia, é importante ter em mente que o uso de índices indicadores, em especial daqueles de coleta mais complicada e de maior custo, requer mudança cultural. Possivelmente, a adoção desses indicadores deverá estar atrelada à remuneração (ou penalização) pela conservação ambiental.

Referências Bibliográficas

ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G. de; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. (Ed.) **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel; Planaltina: Embrapa-CPAC, 1986. p. 33-74.

BARCELLOS, A. de O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados**: anais... Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p. 130-136.

BARIONI, L. G. Modelos matemáticos para pesquisa e gerenciamento de sistemas integrando agricultura e pecuária. In: RESTREPO, J. J. T.; ESPINOSA, W. **Programa de integración de agricultura e ganaderia para el desarrollo sostenible de las sabanas tropicales suramericanas**. Villavicencio: Corpoica, 2002. 1 CD-ROM.

BODDEY, R. M.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J. Nutrient cycling and environmental impact of *Brachiaria* pastures. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do (Ed.) **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa-CNPQC, 1996. p. 72-86.

CEZAR, I. M.; RIBEIRO, H. M.; COSTA, N. A. da; ANDRADE, J. L. R.; ALVES, R. G. de O. **Avaliação "ex-ante" de duas alternativas de recuperação de pastagens para o Estado de Goiás com base num sistema de cria, recria e engorda**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 31 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 88).

CORSI, M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicados no manejo das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 15-47.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Produção de bovinos em pastagens de *Brachiaria* spp. consorciadas com *Calopogonium mucunoides* nos Cerrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 238-245, 1998.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para se estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 691-702, 1992.

FGTC - The Forage and Grazing Terminology Committee. Terminology for grazing lands and grazing animals. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 5, p. 191-201, 1992.

HUMPHREYS, L. R.; ROBINSON, A. R. Interrelations of leaf area and nonstructural carbohydrate status as determinants of the growth of subtropical grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1966, Helsink. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1966. p. 113-116.

LAL, R. Tillage and agricultural sustainability. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 133-146, 1991.

LASCANO, C.; EUCLIDES, V. P. B. Nutritional quality and animal production of Brachiaria pastures. In: MILES, J.; MAAS, B. L.; VALLE, C. B. do (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa-CNPQC, 1996. p. 106-123.

LASCANO, C.; HOLMANN, F.; ROMERO, F.; HIDALGO, C.; ARGEL, P. Advances in the utilization of legume-based feeding systems for milk production in the sub-humid tropical regions. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. p. 43-59.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 257-283.

MACEDO, J. **Produção de alimentos**: o potencial dos cerrados. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. 33 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 59).

MACEDO, M. C. M. Sistemas de produção animal em pasto nas savanas tropicais da América: limitações à sustentabilidade. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 16.; CONGRESO URUGUAYO DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 3., 2000, Montevideo. **Anales...** Montevideo: Alpa, 2000. 1 CD-ROM.

MACEDO, M. C. M. Sustainability of pasture production in the savannas of tropical America. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONFERENCE, 18., 1997, Winnipeg and Saskatoon. **Proceedings...** [S.l.]: Canadian Forage Council: Canadian Society of Agronomy: Canadian Society of Animal Science, 1997. v. 4, p. 391-399.

MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B. Changes in soil fertility and plant nutrient contents in degraded tropical pasture after renovation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., 1997, Winnipeg and Saskatoon. **Proceedings...** [S.l.]: Canadian Forage Council: Canadian Society of Agronomy: Canadian Society of Animal Science, 1997. v. 1, p. 115-116.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; BALSALOBRE, M. A. A. **Diferimento de pastagens e suplementação de bovinos de corte.** Piracicaba: Milkpoint/Beefpoint, 2001. Curso on-line - <<http://www.agripoint.com.br>>.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. **Pastagens no cerrado:** baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 50).

MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; CEZAR, I. M.; VILELA, L. **Sistemas de produção animal em pastejo:** um enfoque empresarial. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 33 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 63).

MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; ALVES, M. C. Nitrogen recovery and losses in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 59, n. 1, p. 1-11, Mar. 2004.

MCVEY, M. J.; BAUMEL, C. P.; WISNER, R. N. U.S. upgrade unlikely to reduce competition from Brazil. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 72, n. 40, p. 1, 22-24, 2000.

ROBBINS, G. B.; BUSHELL, J. J.; MCKEON, G. M. Nitrogen immobilization in decomposing litter contributes to productivity decline in ageing pastures of green panic (*Panicum maximum* var. *Trichoglume*). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 113, n. 3, p. 401-406, 1989.

SILVA, A. P. da; IMHOFF, S.; CORSI, M. Soil compaction versus cow-stocking rates on an irrigated grazing system. In: PAGLIAI, M.; JONES, R. (Ed.). **Sustainable land management – environmental protection: a soil physical approach**. Reiskirchen: Catena Verlag, 2002. Cap. IV. (Advances in Geoecology, 35).

SILVA, A. P.; TORMENTA, C. A.; MAZZA, J. A. Manejo físico de solos sob pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 25-37.

SOARES, W. V.; LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G.; VILELA, L. **Adução fosfatada para manutenção de pastagem de *Brachiaria decumbens* no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 53).

SOARES, W. V.; MACEDO, M. C. M.; VILELA, L.; SOUZA, O. C. de. **Resposta da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk ao fósforo e níveis críticos de P num Latossolo Roxo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 25 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 4).

SPERA, S. T.; TÔSTO, S. G.; MACEDO, M. C. M. **Práticas de conservação de solos sob pastagens para Mato Grosso do Sul: revisão bibliográfica**. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1993. 96 p. (Embrapa-CNPGC. Documentos, 54).

THOMAS, R. J. the role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 47, n. 1, p. 133-142, 1992.

VIEIRA, J. M.; KICHEL, A. N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 147-196.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O. **Intensificação da atividade pecuária leiteira em decorrência da integração agricultura-pecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 22 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 6).

VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; SOUSA, D. M. G. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 21 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 42)

VILELA, L.; MIRANDA, J. C. C.; SHARMA, R. D.; AYARZA, M. A.

Integração lavoura-pecuária: atividades desenvolvidas pela Embrapa Cerrados. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 31 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 9).

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M.

Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 15 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37).

YOKOYAMA, L. P.; VIANA FILHO, A.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I.

P. de; BARCELLOS, A. de O. Avaliação econômica de técnicas de recuperação de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1335-1345, 1999.

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 349-379.